

Образац 3.

Факултет ТЕХНОЛОШКО-
МЕТАЛУШКИ

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

35/525

(Број захтева)

Веће научних области техничких наука

(Назив већа научне области коме се захтев
упућује)

17.01.2018

(Датум)

ЗАХТЕВ

**за давање сагласности на одлуку о прихватању теме докторске дисертације
и о одређивању ментора**

Молимо да, сходно члану 47. ст. 5. тач. 3. Статута Универзитета у Београду ("Гласник Универзитета", број 186/15-пречишћени текст и 189/16), дате сагласност на одлуку о прихватању теме докторске дисертације:

**Кинетика и утицај механичких метода на побољшање унакрсне микрофилтрације и
ултрафилтрације модел раствора воћних сокова**

(пун назив предложене теме докторске дисертације)

НАУЧНА ОБЛАСТ

Технолошко инжењерство

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

1. Име, име једног од родитеља и презиме кандидата:

Тијана (Мирослав) Урошевић (рођена Марковић)

2. Претходно образовање (назив и седиште факултета, студијски програм):

Универзитет у Београду,

Технолошко-металуршки факултет, Мастер студије, Хемијска технологија

3. Година завршетка
претходног нивоа студија: 2007.
-

4. Година уписа на докторске студије: **2017. (Поновни упис на ДАС, трећа година)**
-

5. Назив студијског програма
докторских студија:

Хемијско инжењерство

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ:

Име и презиме ментора: др Владимир Павићевић

Звање: Доцент Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. **Pavićević V.**, Ninković R., Todorović M., Miladinović J.: *Osmotic and Activity Coefficients of $\{y\text{NaH}_2\text{PO}_4 + (1-y)\text{Na}_2\text{SO}_4\}(\text{aq})$ at the Temperature 298.15 K*, Fluid Phase Equilib., Vol 164, No 2, 1999, 275–284., ISSN 0378–381, IF 0,929
2. Marjanović V., Ninković R., Miladinović J., Todorović M., **Pavićević V.**: *Osmotic and Activity Coefficients of $\{y \text{Na}_2\text{SO}_4 + (1-y) \text{ZnSO}_4\}(\text{aq})$ at the Temperature $T = 298.15 \text{ K}$* , J. Chem. Thermodyn., Vol 37, No 2, 2005, 111–116., ISSN 0021–9614, IF 1,398
3. Lazarević S., Janković-Častvan I., D. Tanasković I., **Pavićević V.**, Janačković Đ., Petrović R.: *Sorption of Pb^{2+} , Cd^{2+} and Sr^{2+} Ions on Calcium Hydroxyapatite Powder Obtained by the Hydrothermal Method*, J. Env. Engin., Vol 134, 2008, 683–688., ISSN 0733–9372, IF 1,371
4. Putić S., Bajčeta B., Vitković D., Stamenović M., **Pavićević V.**: *The interlaminar strength of the glass fiber polyester composite*, CI&CEQ, Vol 15, No 1, 2009, 45–48., ISSN 1451–9372, IF 0,580
5. Milojević S., Radosavljević D., **Pavićević V.**, Pejanović S., Veljković V.: *Modeling the kinetics of essential oil hydrodistillation from plant materials*, Hem. Ind., Vol 67, No 5, 2013, 843–859., ISSN 0367–598X, IF 0,562
6. **Pavićević V.**, Marković M., Milojević S., Ristić M., Povrenović D., Veljković V.: *Microwave-assisted hydrodistillation of juniper berry essential oil: kinetic modeling and chemical composition*, J Chem Technol Biot, Vol 91, No 4, 2016, 883–891., ISSN 1097-4660, IF 3,135
7. **Pavićević V.**, Radović M., Milojević S., Marković M., Ristić M., Povrenović D.: *Uticaj brzine hidroddestilacije i hidromodula na hemijski sastav etarskog ulja kleke (*Juniperus communis* L.)*, Hem Ind, Vol 71, No 1, 2017, 1–10., ISSN 0367-598X, IF (5 year) 0,509
8. Marković M., Bošković-Vragolović N., Ristić M., **Pavićević V.**, Veljković V., Milojević S.: *Fractionation of the essential oil from juniper (*Juniperus communis* L.) berries by hydrodistillation and rectification*, Hem Ind, 2017, DOI [10.2298/HEMIND161204009M](https://doi.org/10.2298/HEMIND161204009M), IF (5 year) 0,509

Обавештавамо вас да је Наставно-научно веће

(назив надлежног тела факултета)

на седници одржаној 28.12.2017. године размотрило предложену тему и закључило да је

тема подобна за израду докторске дисертације јер садржи оригиналну идеју и да је од значаја за развој науке, примену њених резултата, односно развој научне мисли уопште.

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

Проф. др Ђорђе Јанаћковић

- Прилог
1. Одлука Наставно-научног већа о прихватању теме и одређивању ментора
 2. Извештај Комисије о оцени научне заснованости теме докторске дисертације

Напомена: Факултет доставља Универзитету захтев са прилозима у електронској форми и у једном писаном примерку за архиву Универзитета

ДП

На основу чл. 40. став 3. Закона о високом образовању, чл. 104. став 3. Статута Универзитета у Београду, чл. 40. Статута ТМФ-а и чл. 43. Правилника о докторским студијама Факултета, на седници Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета од 28.12.2017. године, донета је

О Д Л У К А

о прихватању Реферата Комисије за оцену подобности теме и кандидата
за израду докторске дисертације

Прихвата се Реферат Комисије за оцену подобности теме и кандидата и одобрава израда докторске дисертације **Тијани Урошевић**, мастер инжењера технологије, под називом: „**Кинетика и утицај механичких метода на побољшање унакрсне микрофилтрације и ултрафилтрације модел раствора воћних сокова**“.

Одлуку о давању сагласности на предлог теме докторске дисертације доноси Универзитет у Београду.

За ментора се одређује др Владимир Павићевић, доцент Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет, уз сагласност Комисије за докторске студије Факултета.

Одлуку доставити: Универзитету у Београду на сагласност, кандидату, ментору, Служби за наставно студентске послове и архиви Факултета.

Д Е К А Н

Проф. др Ђорђе Јанаћковић

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Подобност теме и кандидата Тијане Урошевић за израду докторске дисертације

Одлуком бр. 35/467 од 30.11.2017. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности теме и кандидата Тијане Урошевић, дипл. инжењера прехранбене технологије биљних производа и мастер инжењера технологије, за израду докторске дисертације и научне заснованости теме „Кинетика и утицај механичких метода на побољшање унакрсне микрофилтрације и ултрафилтрације модел раствора“.

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси следећи

РЕФЕРАТ

1. Подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

Тијана Урошевић (девојачко Марковић) рођена је 11.08.1981. године у Београду. Основну школу и гимназију завршила је са одличним успехом у Београду. Студије на Пољопривредном факултету Универзитета у Београду започела је школске 2000/01. године. Дипломирала је 30.09.2005. године са просечном оценом 8,22 и оценом 10 (десет) на дипломском испиту. Школске 2006/07. уписала је мастер студије на Технолошко-металуршком факултету Универзитета у Београду, смер Хемијско инжењерство (Хемијска технологија), под менторством проф. др Драгана Повреновића. Дипломирала је 27.11.2007.

године са просечном оценом 9,57 и оценом 10 (десет) на завршном испиту, чиме је стекла звање мастер инжењер технологије. Школске 2007/08. уписала је докторске студије на Технолошко – металуршком факултету Универзитета у Београду, смер Хемијско инжењерство, под менторством проф. др Драгана Повреновића.

У току израде докторске дисертације, а поготово експерименталног рада, Тијана Урошевић се сусретала са бројним тешкоћама у виду проблема на апаратури за експериментални рад и у прибављању резултата анализа узорака, чиме је процес израде дисертације успорен. Поред тога због дуге процедуре објављивања радова у међународним часописима, који су услов за одбрану докторске дисертације, истекао јој је рок за одбрану 30.09.2017. С тога школске 2017/2018. уписала се на трећу годину докторских студија на Технолошко-металуршком факултету Универзитета у Београду, смер Хемијско инжењерство. Сви положени испити, који су предвиђени планом и програмом докторских студија, укључујући и завршни испит, су јој признати.

1.2. Стечено научноистраживачко искуство

У оквиру докторских студија Тијана Урошевић је положила све испите предвиђене планом и програмом, укључујући и завршни испит, постигавши следеће оцене:

Предмет	ЕСПБ	Оцена
Одабрана поглавља математичке анализе	5	8
Хемијска кинетика	5	10
Виши курс термодинамике	5	10
Аналогије феномена преноса	5	10
Специјална поглавља преноса масе	4	10
Одабрани мембрански процеси	5	10
Технологија пречишћавања отпадних вода	5	10
Технологија припреме воде	5	10
Принципи физичких и хемијских поступака третмана вода	5	10
Пренос топлоте и енергетска интеграција	5	10
Пројектовање биолошких процеса пречишћавања отпадних вода	5	10
Завршни испит	30	10

Тијана Урошевић је одмах након завршених основних студија на Пољопривредном факултету Универзитета у Београду, у октобру 2005. године ангажована преко Омладинске задруге Београд као сарадник у настави на Пољопривредном факултету Универзитета у Београду, при чему је била задужена за одржавање рачунских вежби на предмету Технолошке операције на Институту за прехранбену технологију и биохемију. На истом факултету је у децембру 2008. године изабрана за сарадника у настави, за ужу научну област Процесно инжењерство, предмет Технолошке операције. А затим у марту 2010. године изабрана је за асистента за исту научну област и на предметима Технолошке операције, Механичке операције и Топлотне и дифузионе операције.

У периоду од 01.04.2009. – 31.12.2010. године била је сарадник на пројекту Министарства за науку и технолошки развој Републике Србије, под називом “Развој система за грејање и хлађење пластеника/стакленика са геотермалном енергијом” (ТР 18234А).

Од јануара 2011. године ангажована је на пројекту “Истраживање коришћења соларне енергије применом вакуумских колектора са топлотним цевима и изградња демонстрационог постројења”, ТР 33048 који финансира Министарство за науку и технолошки развој Републике Србије.

Списак објављених научних радова:

Радови у врхунском међународном часопису (M21)

Stakić M., Urošević T.: *Experimental Study and Simulation of Vibrated Fluidized Bed Drying*, Chemical Engineering and Processing: Process Intensification, Vol 50, No 4, 2011, pp. 428 – 437. (ISSN 0255-2701; IF (2011) = 1.924)

Urošević T., Povrenović D., Vukosavljević P., Urošević I., Stevanović S.: *Recent developments in microfiltration and ultrafiltration of fruit juices*, Food and Bioproducts Processing, Vol 106, 2017, pp. 147 – 161. (ISSN 0960-3085; IF (2016) = 1.970)

Рад у истакнутом међународном часопису (M22)

Stakić M., Nikolić A., **Urošević T.**: *Numerical Study of Convective Water Desorption from Polystyrene Cation Resin CG-8*, Chemical Engineering and Technology, Vol 34, No 7, 2011, pp. 1164 – 1171. (ISSN 0930-7516; IF (2011) = 1.598)

Рад у међународном часопису (M23)

Stakić M., Banjac M, **Urošević T.**: *Numerical Study on Hygroscopic Material Drying in Packed Bed*, Brazilian Journal of Chemical Engineering, Vol 28, No 2, 2011, pp. 273 – 284. (ISSN 0104-6632; IF (2010) = 0.811)

Urošević, I., Nikićević, N., Stanković, Lj., Anđelković, B., **Urošević, T.**, Krstić, G., Tešević, V.: *Influence of yeast and nutrients on the quality of apricot brandy*, Journal of the Serbian Chemical Society, Vol 79, No 10, 2014, pp. 1223 – 1234. (ISSN 0352-5139); IF (2014) = 1.009

Саопштење са међународног скупа штампано у целини (M33)

Marković T., Vukosavljević P., Bukvić B., Vladislavljević G.: *Investigations of hydrodynamic permeability ceramic and polysulfone membranes for microfiltration and ultrafiltration*, Membrane Science and Technology Conference of Visegrad Countries, Permea 2007, CD – rom, Septembar 2 – 6, 2007. Siofok, Hungary. (ISBN 978 – 963 – 9319 – 69 – 1)

Рад у часопису националног значаја (M52)

Marković T., Vukosavljević P., Vladislavljević G., Bukvić B.: *Investigations of hydrodynamic permeability ceramic membranes for microfiltration*, Journal of Agriculture Science, Vol 51, No 2, 2006, pp. 151 – 164. (ISSN 1450 – 8109)

Dudić, D., Zlatanović, I., Gligorević, K., **Urošević, T.**: *SOLAR: A software tool for meteorological data processing*, Scientific Journal „Agriculture engineering“, Vol 39, No 4, 2014, pp. 51-61. (ISSN 0554-5587)

Одбраћен магистарски (мастер) рад (M72)

Tijana Marković, *Ispitivanje hidrodinamičke propustljivosti keramičkih i polisulfonskih mikrofiltracionih i ultrafiltracionih membrana*, Završni rad na master studijama, Univerzitet u

Београду, Технолошко-металуршки факултет, Београд (одбранjen 27.11.2007.)

Прототип, нова метода, софтвер, стандардизован или атестиран инструмент, нова генска проба, микроорганизми (M85)

Gojak, M., Urošević, T. i saradnici: *Tehničko rešenje „Softver za filtriranje, obradu i vizuelizaciju prikupljenih meteoroloških podataka“*, Prihvaćeno Odlukom br 105/1 od 17.1.2013. god. Mašinskog fakulteta u Beogradu, 2013. (link: <http://solar.mas.bg.ac.rs>)

Уџбеник

Stakić M., Urošević T., Tehnološke operacije, Deo 1.: Mehnaičke operacije, Univerzitet u Beogradu – Poljoprivredni fakultet; Beograd – Zemun (2011.). ISBN 978-86-7834-122-9, COBISS.SR-ID 1840123068

Учешће у пројектима финансираним од стране надлежног Министарства (M105)

1. Пројекат Министарства за науку и технологију Републике Србије (ТР 33048): Истраживање коришћења соларне енергије применом вакуумских колектора са топлотним цевима и изградња демонстрационог постројења, Машински факултет Универзитета у Београду (Руководилац проф. др Милан Гојак), 2011-2016.
2. Пројекат Министарства за науку и технологију Републике Србије (ТР 18234А): Развој система за грејање и хлађење пластеника/стакленика са геотермалном енергијом, Институт за хемију, технологију и металургију (ИХТМ) у Београду (Руководилац Предраг Милановић), 01.04.2009 – 31.10.2010.

1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

На основу досадашњег рада и показаних резултата током последипломских студија и у оквиру научно-истраживачког рада, Тијана Урошевић, дипл. инжењер прехранбене технологије биљних производа и мастер инжењер технологије, показала је склоност и изразиту способност за бављење научно-истраживачким радом, што указује да је испунила потребне услове за рад на предложеној теми докторске дисертације.

2. Предмет и циљ истраживања

Мембрански сепарациони процеси и њихова практична примена се интензивно проучавају последњих петнаестак година. Мембрански сепарациони процеси су незаобилазна фаза производње у више грана индустрије. За почетак примене мембранских процеса у индустрији узима се 1960. година када су Леб (Loeb) и Соријан (Sourian), амерички истраживачи почели да примењују синтетичке мембране у циљу добијања воде за пиће из морске воде. 1975. године појавила се прва индустријска мембрана на бази целулозног ацетата. Примена мембрана има значајно место у прехранбеној индустрији (млекарство, производња воћних сокова, индустрија шећера, производња алкохолних, безалкохолних и нискоалкохолних пића и сл.), у петрохемији, у медицини (хемодијализа), за третман отпадних токова у циљу регенерације вредних састојака, енергије или заштите животне средине [2, 16].

Мембранска технологија последњих година заузима све значајније место у прехранбеној технологији. Добија све већи значај због већих захтева који се постављају у погледу физичке, хемијске, микробиолошке и сензорне стабилности производа као и строжијих законских прописа и захтева тржишта [2, 16].

Мембрански процеси захтевају малу потрошњу енергије, стварају мало отпада, малих су димензија, великог капацитета, лако се аутоматизују, а постројења су са аспекта сигурности потпуно безбедна. Уређаји који се користе морају по својој концепцији одговарати општим критеријумима савремене технологије у погледу економичности, аутоматизације и еколошких стандарда, да би били прихватљиви [2, 16].

Мембрански процеси уопштено могу бити сепарациони, енергетски или хемијски. Мембрански процеси подразумевају размену масе и енергије између две фазе која се врши кроз танак слој треће фазе (мембране), чија физичка и хемијска грађа доминантно утичу на карактер и ток размене.

У односу на алтернативне процесе као што су дестилација, упаравање, екстракција, кристализација, центрифугирање, хемијско раздвајање компоненти, мембрански сепарациони процеси имају предности, нпр. сепарација се врши без промене температуре, рН смеше и без додавања било каквих хемикалија. Услед тога, енергетски трошкови су ниски,

нема губитака термолабилних и испарљивих састојака, продукти сепарације се добијају без страних примеса и друго [2, 16].

Микрофилтрација и ултрафилтрација са аспекта погонских сила спадају у исту групу мембранских процеса које карактерише заједничка особина – сепарација појединих компоненти течне фазе под дејством разлике притисака као погонске силе. Основне разлике између ова два процеса су у величини честица које се задржавају на граници течна фаза – мембрана, као и у погледу радних притисака и флуксева. У случају микрофилтрације и ултрафилтрације користе се микропорозне мембране, па се транспорт растварача обавља кроз поре мембране хидрауличким током, док се молекули раствора и суспендоване честице задржавају на површини мембране деловањем ефекта сита, јер су поре мембране сувише уске да би их пропустиле [2, 6, 13, 21].

У пракси, међутим, процес није тако једноставан. Један од главних проблема при извођењу микрофилтрације и ултрафилтрације је опадање флуksа пермеата током извођења процеса. До опадања флуksа пермеата долази због неколико феномена који се дешавају у или на мембрани. Сви феномени који доводе до опадања флуksа пермеата су обухваћени феноменом концентрационе поларизације и феноменом „прљања” мембране. Резултат ових феномена је опадање флуksа пермеата. Концентрациона поларизација и прљање пора мембране доводе до губитка пропустљивости мембрана за микрофилтрацију и ултрафилтрацију, што се манифестује смањењем флуksа пермеата. На укупан пренос масе кроз мембрану, осим отпора саме мембране, утиче и поларизациони отпор [2, 16, 28, 29, 34].

Узроци и феномени концентрационе поларизације, прљања пора тј. стварања слоја на мембрани су мање или више познати, међутим применљиве методе за њено смањење се све више испитују. Методе које се могу применити су предtretман напојног раствора, избор врсте, односно конструкције мембране и модула као и избор радних услова. Неке од њих се већ дуго примењују у пракси, док су неке у фази испитивања. У циљу добијања већег флуksа пермеата и бољих селективних карактеристика мембране током унакрсне (*cross-flow*) ултрафилтрације и микрофилтрације, развијене су различите методе смањења прљања мембране и ефекта концентрационе поларизације [16, 24, 40].

Највећи број истраживања је усмерен на развој две врсте метода: хидродинамичке методе којима се побољшава пренос масе на површини мембране (увођењем турбулентног

тока), методе које се заснивају на повратном транспорту задржаних растворака и честица од површине мембране ка основној маси раствора.

Овде спадају методе за изазивање турбулентног протицања и методе за изазивање нестабилности и нестационарног протицања кроз модул. Турбулентно протицање се постиже повећањем унакрсне брзине протицања кроз модул или коришћењем промотора турбуленције. Методе које ће бити примењене приликом извођења експеримената у циљу израде ове докторске дисертације су: промена оперативних услова [25, 26, 31, 33, 38], примена промотора турбуленције и стварања локалног вртложења [39] и периодично повратно испирање (*backwashing*) [20, 30, 35].

Литература:

- [1] Alvarez S., Alvarez R., Riera F.A., Coca J.: *Influence of depectinization on apple juice ultrafiltration*, Colloids and surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, Vol 138, 1998, pp. 377 – 382.
- [2] Baker R.W.: *Membrane Technology and Applications*, 2004, Second Edition, John Wiley & Sons, Ltd
- [3] Barros S.T.D., Andrade C.M.G., Mendes E.S., Peres L.: *Study of fouling mechanism in pineapple juice clarification by ultrafiltration*, Journal of Membrane Science, Vol 215, 2003, pp. 213 – 224.
- [4] Bruijn J., Venegas A., Borquez R.: *Influence of crossflow ultrafiltration on membrane fouling and apple juice quality*, Desalination, Vol 148, 2002, pp. 131 – 136.
- [5] Bruijn J.P.F., Venegas A., Martínez J.A., Bórquez R.: *Ultrafiltration performance of Carbosep membranes for the clarification of apple juice*, Lebensm. – Wiss. U. – Technol., Vol 36, 2003, pp. 397 – 406.
- [6] Bruijn J., Bórquez R.: *Analysis of the fouling mechanisms during cross – flow ultrafiltration of apple juice*, LWT, Vol 39, 2006, pp. 861 – 871.
- [7] Carneiro L., Sa I.S., Gomes F.S., Matta V.M., Cabral L.M.C.: *Cold sterilization and clarification of pineapple juice by tangential microfiltration*, Desalination, Vol 148, 2002, pp. 93 – 98.
- [8] Cassano A., Donato L., Conidi C., Drioli E.: *Recovery of bioactive compounds in kiwifruit juice by ultrafiltration*, Innovative Food Science and Emerging Technologies, Vol 9, 2008, pp. 556 – 562.
- [9] Cassano A., Donato L., Drioli E.: *Ultrafiltration of kiwifruit juice: Operating parameters, juice quality and membrane fouling*, Journal of Food Engineering, Vol 79, 2007, pp. 613 – 621.

- [10] Cassano A., Marchio M., Drioli E.: *Clarification of blood orange juice by ultrafiltration: Analyses of operating parameters, membrane fouling and juice quality*, Desalination, Vol 212, 2007, pp. 15 – 27.
- [11] Cassano A., Conidi C., Drioli E.: *Clarification and concentration of pomegranate juice (Punica granatum L.) using membrane processes*, Journal of Food Engineering, Vol 107, 2011, pp. 366 – 373.
- [12] Constenla D.T. and Lazano J.E.: *Hollow fibre ultrafiltration of apple juice: Macroscopic approach*, Lebensm. – Wiss. U. – Technol., Vol 30, 1997, pp. 373 – 378.
- [13] Constenla D.T. and Lazano J.E.: *Predicting stationary permeate flux in the ultrafiltration of apple juice*, Lebensm. – Wiss. U. – Technol., Vol 29, 1996, pp. 587 – 592.
- [14] Espamer L., Pagliero C., Ochoa A., Marchese J.: *Clarification of lemon juice using membrane process*, Desalination, Vol 200, 2006, pp. 565 – 567.
- [15] Fukumoto L.R., Delaquis P. and Girard B.: *Microfiltration and ultrafiltration ceramic membranes for apple juice clarification*, Journal of Food Science, Vol. 63, No. 5, 1998.
- [16] Girard B, Fukumoto L.R.: *Membrane Processing of fruit juices and beverages: A review*, Critical Reviews in Food Science and Nutrition, Vol 40, No 2, 2000, pp. 91 – 157.
- [17] Hernandez E., Chen C.S., Shaw P.E., Carter R.D., Barros S.: *Ultrafiltration of orange juice. Effect on soluble solids, suspended solids and aroma*, Journal of Agricultural and food chemistry, Vol 40, 1992, pp. 986 – 988.
- [18] Jegatheesan V., Shu D.D.P.L., Aim R.B.: *Performance of ceramic micro – and ultrafiltration membranes treating limed and partially clarified sugar cane juice*, Journal of Membrane Science, Vol 327, 2009, pp. 69 – 77.
- [19] Jiraratananon R., Chanachai A.: *A study of fouling in the ultrafiltration of passion fruit juice*, Journal of Membrane Science, Vol 111, 1996, pp. 39 – 48.
- [20] Laorko A., Li Z., Tongchitpakdee S., Youravong W.: *Effect of gas sparging on flux enhancement and phytochemical properties of clarified pineapple juice by microfiltration*, Separation and Purification Technology, Vol 80, 2011, pp. 445 – 451.
- [21] Laorko A., Li Z., Tongchitpakdee S., Chantachum S., Youravong W.: *Effect of membrane property and operating properties and permeate flux during clarification of pineapple juice*, Journal of Food Engineering, Vol 100, 2010, pp. 514 – 521.
- [22] Mandal S., Cassano A., Tasselli F., De S.: *A generalized model for clarification of fruit juice during ultrafiltration under total recycle and batch mode*, Journal of Membrane Science, Vol 366, 2011, pp. 295 – 303.

- [23] Mirsaeedghazi H., Emam – Djomeh Z., Mousavi S.M., Aroujalian A., Navidbakhsh M.: *Clarification of pomegranate juice by microfiltration with PVDF membranes*, Desalination, Vol 264, 2010, pp. 243 – 248.
- [24] Oliveira R.C., Docê R.C., Barros S.T.D.: *Clarification of passion fruit juice by microfiltration: Analyses of operating parameters, study of membrane fouling and juice quality*, Journal of Food Engineering , Vol 111, 2012, pp. 432 – 439.
- [25] Pal S., Ambastha S., Ghosh T.B., De S., DasGupta S.: *Optical evaluation of deposition thickness and measurement of permeate flux enhancement of simulated fruit juice in presence of turbulence promoters*, Journal of Membrane Science, Vol 315, 2008, pp. 58 – 66.
- [26] Rai P., Majumdar G.C., Sharma G., Das Gupta S., De S.: *Effect of various cutoff membranes on permeate flux and quality during filtration of mosambi (citrus sinensis (L.) Osbeck) juice*, Trans IChemE, Part C, Food and Bioproducts Processing, Vol 84, No C3, 2006, pp. 213 – 219.
- [27] Rai P., Majumdar G.C., Das Gupta S., De S.: *Effect of various pretreatment methods on permeate flux and quality during ultrafiltration of mosambi juice*, Journal of Food Engineering , Vol 78, 2007, pp. 561 – 568.
- [28] Rai P., Majumdar G.C., Das Gupta S., De S.: *Modeling of permeate flux of synthetic fruit juice and mosambi juice (Citrus sinensis (L.) Osbeck) in stirred continuous ultrafiltration*, LWT, Vol 40, 2007, pp. 1765 – 1773.
- [29] Sarkar B., De S.: *Electric field enhanced gel controlled cross – flow ultrafiltration under turbulent flow conditions*, Separation and Purification Technology, Vol 74, 2010, pp. 73 – 82.
- [30] Su S.K., Liu J.C., Wiley R.C.: *Cross – flow microfiltration with gas backwash of apple juice*, Journal of Food Science, Vol 58, No 3, 1993, pp. 638 – 641.
- [31] Sulaiman M.Z., Sulaiman N.M., Yih L.S.: *Limiting permeate flux in the clarification of untreated starfruit juice by membrane ultrafiltration*, Chemical Engineering Journal, Vol 69, 1998, pp. 145 – 148.
- [32] Vaillant F., Millan P., O’ Brien G., Dornier M., Decloux M., Reynes M.: *Crossflow microfiltration of passion fruit juice after partial enzymatic liquefaction*, Journal of Food Engineering, Vol 42, 1999, pp. 215 – 224.
- [33] Vaillant F., Pérez A.M., Acosta O., Dornier M.: *Turbidity of pulpy fruit juice: A key factor for predicting cross – flow microfiltration performance*, Journal of membrane Science, Vol 325, 2008, pp. 404 – 412.
- [34] Yazdanshenas M., Tabatabaee – Nezhad S.A.R., Soltanieh M., Roostaazad R., Khoshfetrat A.B.: *Contribution of fouling and gel polarization during ultrafiltration of raw apple juice at industrial scale*, Desalination, Vol 258, 2010, pp. 194 – 200.

- [35] Vladislavljević G.T., Vukosavljević P., Veljović M.S.: *Clarification of red raspbera juice using microfiltration with gas backwashing: A variable strategy to maximize permeate flux and minimize a loss of anthocyanins*, Food and bioproducts processing, Vol 91, 2013, pp. 473 – 480.
- [36] Domingues R.C.C., Ramos A.A., Cardoso V.L., Reis M.H.M.: *Microfiltration of passion fruit juice using hollow fibre membranes and evaluation of fouling mechanisms*, Journal of Food Engineering, Vol 121, 2014, pp. 73 – 79.
- [37] Destani F., Cassano A., Fazio A., Vincken J.P., Gabriele B.: *Recovery and concentration of phenolic compounds in blood orange juice by membrane operations*, Journal of Food Engineering, Vol 117, 2013, pp. 263 – 271.
- [38] Figueroa R.A.R., Cassano A., Drioli E.: *Ultrafiltration of orange press liquor: Optimization for permeate flux and fouling index by response surface methodology*, Separation and Purification Technology, Vol 80, 2011, pp. 1 – 10.
- [39] Pal S., Bharihoke R., Chakraborty S., Ghatak S.K., De S., DasGupta S.: *An experimental and theoretical analysis of turbulence promoter assisted ultrafiltration of synthetic fruit juice*, Separation and Purification Technology, Vol 62, 2008, pp. 659 – 667.
- [40] Vukosavljević, P.V.: *Bistrenje soka maline primenom mikrofiltracije i ultrafiltracije*, doktorska disertacija, Poljoprivredni fakultet, Univerzitet u Beogradu, 2006.
- [41] Vukosavljević P.V.: *Bistrenje soka jabuke primenom unakrsnog toka ultrafiltracije sa neorganskim membranama*, Magistarska teza, Poljoprivredni fakultet, Univerzitet u Beogradu, 2001.

3. Полазне хипотезе

Примена мембранских сепарационих процеса у индустрији за филтрацију у производњи воћних сокова још увек је ограничена услед феномена прљања мембране, који доводи до смањења флукса пермеата и промене селективних особина мембране. У циљу добијања бољих карактеристика ових процеса, истраживани су различити фактори који утичу на пренос масе кроз мембрану [2, 16].

На основу досадашњих сазнања, постављени су циљеви овог рада полазећи од следећих претпоставки:

- Један од главних проблема при извођењу микрофилтрације и ултрафилтрације је опадање флукса пермеата током процеса, због прљања мембране, односно стварања секундарног динамичког слоја. Једна од метода која служи за сузбијање и контролу

феномена концентрационе поларизације је избор оперативних услова. Променом оперативних услова, тј. оптимизацијом температуре и трансмембранског притиска са обе стране мембране, као и брзине струјања напојног раствора директно се утиче на контролу концентрационе поларизације на следећи начин. Већим брзинама струјања напојног раствора подстиче се турбулентни ток који има важну улогу у уклањању секундарног динамичког слоја у комерцијалним мембранама. Ранијим испитивањима је утврђено да стационарни флуks пермеата различитих сокова расте са порастом трансмембранског притиска само до неке оптималне вредности притиска, која је од 1 до 3 bar, а након тога флуks опада са даљим повећањем притиска. Из тог разлога, потребно је да разлика притисака не буде већа од оптималне разлике притисака за дате услове [1, 3, 5, 7, 22, 23, 36, 38].

- Техника унакрсне микрофилтрације и ултрафилтрације служи за смањење прљања мембране и сузбијање феномена концентрационе поларизације. Повећањем унакрсне брзине протицања напојног раствора кроз модул постиже се стварање нестабилног и нестационарног тока, тј. турбулентног протицања напојног раствора кроз модул. Досадашња истраживања су била упућена на испитивање довољно великих брзина напојног раствора, при којима би напојни раствор при проласку кроз мембрану са собом односио секундарни динамички слој честица, који се образује на површини мембране при филтрацији полазног раствора. Тиме се смањује могућност таложења честица на мембрани, затим блокирање и запушавање пора, а самим тим се директно утиче на концентрациону поларизацију, која је главни проблем при обављању процеса микрофилтрације и ултрафилтрације [2, 16, 27, 34].

- Досадашња објављена литература обухвата бројна испитивања употребе статичких промотора турбуленције различитих облика при обављању унакрсне микрофилтрације и ултрафилтрације. Уметци, односно статички мешачи као промотори турбуленције повећавају брзину струјања, проузрокују секундарне токове и изазивају нестабилност ламинарног тока. Према досадашњим истраживањима, флуksеви при ултрафилтрацији колоидних раствора са промоторима турбуленције били су већи за 50–300 % него без употребе тих уметака. То значи да би употреба промотора турбуленције требала да побољша карактеристике унакрсне ултрафилтрације, да се може очекивати њен позитиван утицај, како са аспекта потрошње енергије, тако и са аспекта укупне економичности, и да би употреба статичког мешача могла да допринесе већој примени унакрсне ултрафилтрације у производњи воћних сокова [39, 40].

- Периодичним повратним испирањем (backwashing) формирани талог при процесу микрофилтрације на мембрани се подиже, и то уз помоћ компримованог ваздуха или неког

инертног гаса који се пропушта у супротном смеру од истицања пермеата. Досадашња испитивања ове алтернативне технике су показала да је подизање талоба са мембране идејно добро решење. Ова техника има низ предности, нпр. нема успостављања стационарног стања при ниским флуксевима, већ је флукс стално у зони високих вредности. Тиме је и укупна сакупљена маса пермеата знатно већа, а осим тога, краткотрајно испирање компримованим ваздухом или неким инертним гасом у одређеним временским интервалима није технички компликовано решење. Нема великих утрошака енергије који економски оптерећују процес. Процес је лако и једноставно водити без пуно додатног мануелног рада. Према подацима из литературе, многи истраживачи су испитивали зависност опадања флукса са VCR (фактор запреминског концентрисања), на основу кога се разликују три периода. Први период је период највећег и наглог опадања флукса пермеата, други период је такође период опадања флукса пермеата, али је оно много мање него у првом периоду и тада се вредност VCR креће од 3 до 7. И на крају, трећи период је период за који је карактеристичан врло мали пад флукса пермеата. На основу тога се изводи закључак да је периодично повратно испитање најбоље вршити на крају првог и у току другог периода. Време које се губи за повратно испирање је врло мало у односу на повећање сакупљене количине пермеата, чиме се укупно време микрофилтрације знатно скраћује [20, 30, 35, 40].

Полазећи од изнетих претпоставки, истраживања имају за циљ испитивање могућности побољшања флукса пермеата променом оперативних услова и испитивање и одређивање оптималних параметара микрофилтрације и ултрафилтрације, примене промотора турбуленције код унакрсне ултрафилтрације и примене периодичног повратног испирања код унакрсне микрофилтрације.

Резултати би требало да дају допринос постојећим знањима о побољшању унакрсне микрофилтрације и ултрафилтрације, као и потпунијем разумевању феномена који утичу на пренос масе код овог процеса.

Рад би такође требао да представља допринос и већој употреби микрофилтрације и ултрафилтрације као саставног дела процеса производње воћних сокова, чија је шира примена ограничена прљањем мембрана и slabим разумевањем настајања и контроле тог феномена, као и допринос њиховој већој комерцијалној примени.

4. Научне методе истраживања

Да би се реализовали постављени циљеви извршиће се следећа испитивања:

- (1) одређивање радних дијаграма уређаја за микрофилтрацију и ултрафилтрацију и одређивање утицаја радних параметара (запреминског протока ретентата, разлике притисака, температуре и промотора турбуленције) на кинетику преноса масе дестиловане воде
- (2) одређивање утицаја радних параметара (запреминског протока ретентата, разлике притисака, температуре и промотора турбуленције) на кинетику преноса масе модел раствора воћних сокова ултрафилтрацијом кроз неорганске Carbosep мембране (M7, M8 и M9)
- (3) одређивање утицаја радних параметара (запреминског протока ретентата, разлике притисака, температуре и периодичног повратног испирања) на кинетику преноса масе модел раствора воћних сокова микрофилтрацијом кроз керамичку Cerasep мембрану
- (4) одређивање утицаја различите концентрације пектина у модел растворима воћних сокова на кинетику преноса масе кроз ултрафилтрационе неорганске Cerasep мембране (M7, M8 и M9)
- (5) анализа пектинских материја у пермеату и упоређивање добијених резултата након ултрафилтрације испитиваног модел раствора воћних сокова.

Да би се реализовали постављени циљеви, сви експерименти ће бити изведени на лабораторијском уређају за унакрсну микрофилтрацију и ултрафилтрацију („ДВС“ Панчево, Србија) уз пратећу опрему. Огледи ће се извести у лабораторијама Пољопривредног факултета у Београду и у лабораторији дестилерије „Ток д.о.о.“ у Београду. Лабораторијска апаратура за микрофилтрацију и ултрафилтрацију је конструисана тако да омогући једноставан рад, контролу процеса и промену испитиваних параметара у одговарајућем опсегу (проток ретентата кроз систем, разлику притисака, температуру, време).

Експерименти ће бити изведени са четири различите мембране. Ультрафилтрационе неорганске мембране, тип Carbosep M9, M8 и M7, (граница сепарације према молекулској маси 300, 50 и 30 kg/mol), су производње Rhone – Poulenc group, Tech-Sep, Miribel, Француска. Ове анизотропне мембране су унутрашњег пречника 6 mm и дужине 225 mm. Carbosep мембране се састоје од танког пермселективног слоја са унутрашње стране од цирконијум–диоксида и титан–диоксида, нанетог на носач од порозног угљеника. Микрофилтрациона мембрана Cerasep је неорганска мембрана направљена од танког пермселективног слоја са унутрашње стране од цирконијум–диоксида и титан–диоксида, нанетог на носач од $Al_2O_3 - TiO_2$, са границом сепарације од 0,2 μm , произвођача Tech-Sep, Miribel, Француска. Мембрана је дужине 270 cm, садржи 19 канала са пречником од 4 mm. Мембрана је смештена у пластичном модулу са заптивним гумама.

Експерименти се односе на испитивање утицаја радних параметара (проток ретентата кроз систем, разлика притисака, температура, време) на кинетику унакрсне микрофилтрације и ултрафилтрације за све четири мембране, максимални степен концентрисања филтрата и за оба процеса, утицај притиска и времена на технику периодичног повратног испирања (backwashing).

С обзиром да ће се као напојни раствори користити модел раствори воћних сокова (раствор пектина, лимунске киселине и сахарозе), биће испитиван и утицај концентрације пектина на флуks пермеата при унакрсној микрофилтрацији и ултрафилтрацији.

Маса сакупљеног пермеата модел раствора мериће се са тачношћу од $\pm 0,1$ g сваких 60 s у временским интервалима од 120 min.

5. Очекивани научни допринос

- Детаљно ће се испитати једна од алтернативних техника – периодично повратно испирање, која до сада није довољно истражена, а која знатно смањује главни проблем мембранских процеса – поларизациони отпор.
- Поставиће се модел који ће показати да је периодично повратно испирање, тј. подизање талога са мембране, идејно добро решење. Ова техника има низ предности и биће детаљно обрађена у овом раду кроз експерименте.

- Биће објашњен механизам механичких метода побољшања флуksа пермеата при унакрсној микрофилтрацији и ултрафилтрацији.
- У овој докторској дисертацији биће изведени експерименти који ће додатно истражити утицај промотора турбуленције на кинетику процеса ултрафилтрације модел раствора воћних сокова. Статички промотори турбуленције различитих облика смањују задржавање честица у каналима напојног раствора, повећавају брзину струјања и проузрокују секундарне токове и нестабилности ламинарног тока. Доказаће се да је флуksеве при ултрафилтрацији могуће знатно повећати употребом уметака унутар канала.

6. План истраживања и структура рада

Предмет рада ове докторске дисертације је проучавање кинетике микрофилтрације и ултрафилтрације модел раствора воћних сокова. Предложени план истраживања извршио би се у неколико етапа, како је већ изложено. Најпре ће се извршити испитивање утицаја радних параметара на кинетику процеса ултрафилтрације кроз три ултрафилтрационе мембране, затим следи испитивање утицаја радних услова на кинетику процеса микрофилтрације.

Следећа серија експеримената односиће се на испитивање алтернативних техника побољшања флуksа пермеата кроз поменуте мембране. Те технике су примена промотора турбуленције код унакрсне ултрафилтрације и примена периодичног повратног испирања код унакрсне микрофилтрације.

Предвиђа се да ће у докторској дисертацији бити обрађена следећа поглавља: Увод, Теоријски део, Експериментални део, Резултати и дискусија, Закључак и Литература.

У поглављу Увод биће приказан кратак осврт на подручје испитивања, тј. значај оваког истраживања за ширу примену и већу употребу микрофилтрације и ултрафилтрације као саставног дела процеса производње воћних сокова.

Поглавље Теоријски део размотриће литературне податке релевантних истраживања који се односе на:

- мембранску филтрацију у производњи воћних сокова

- оперативне услове при вршењу микрофилтрације и ултрафилтрације
- концентрациона поларизација, прљање мембрана и стварање секундарног слоја на мембранама за микрофилтрацију и ултрафилтрацију,
- алтернативне технике за побољшање флукса пермеата при унакрсној микрофилтрацији и ултрафилтрацији (промена оперативних услова, примена промотора турбуленције и стварање локалног вртложења, периодично повратно испирање)
- досадашња искуства о утицају унакрсне микрофилтрације и ултрафилтрације на прљање мембране и бистрење сокова.

У поглављу Експериментални део биће представљена следећа потпоглавља према редоследу експерименталног истраживачког рада:

- материјал и методе рада
- опис експерименталне апаратуре за микрофилтрацију и ултрафилтрацију
- кинетика унакрсне микрофилтрације и ултрафилтрације
- квалитативно доказивање пектинских материја
- примењене математичке и статистичке методе.

У поглављу Резултати и дискусија биће приказани и дискутовани резултати. Ово поглавље садржаће приказ резултата добијених при одређивању радних дијаграма уређаја зависно од мембране за микрофилтрацију и ултрафилтрацију. Биће представљени и дискутовани резултати који се односе на испитивање утицаја протока напојног раствора, температуре и разлике притисака на кинетику микрофилтрације и ултрафилтрације; утицај промотора турбуленције на кинетику ултрафилтрације и утицај периодичног повратног испирања на кинетику микрофилтрације.

У Закључку ће бити представљени најзначајнији резултати и одговарајући закључци изведени на основу извршених испитивања.

У одељку Литература биће наведене референце цитиране у дисертацији, укључујући научне публикације проистекле из експерименталног рада у оквиру предложене теме.

7. Закључак и предлог

На основу изнетих података Комисија сматра да назив теме предложене докторске дисертације Тијане Урошевић “Кинетика и утицај механичких метода на побољшање унакрсне микрофилтрације и ултрафилтрације модел раствора” треба кориговати и променити у **“Кинетика и утицај механичких метода на побољшање унакрсне микрофилтрације и ултрафилтрације модел раствора воћних сокова”**. Комисија сматра да су кандидат и тема подобни за реализацију предвиђених циљева истраживања и предлаже Наставно-научном већу да је прихвати. За ментора се предлаже др Владимир Павићевић, доцент Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду. Истраживања у оквиру ове докторске дисертације припадају научној области Технолошко инжењерство, за коју је Технолошко-металуршки факултет Универзитета у Београду матична установа.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

.....

др Владимир Павићевић, доцент
Универзитета у Београду, Технолошко - металуршки факултет

.....

др Драган Повреновић, редовни професор
Универзитета у Београду, Технолошко - металуршки факултет

.....

др Предраг Вукосављевић, ванредни професор
Универзитета у Београду, Пољопривредни факултет